

EFFECTO DE LA SALINIDAD EN EL CRECIMIENTO DE
TETRASPOROFITOS JUVENILES DE *GRACILARIA VERRUCOSA*
(HUDSON) PAPENFUSS (RHODOPHYTA, GIGARTINALES)*

EFFECT OF SALINITY ON GROWTH OF TETRASPORELINGS OF
GRACILARIA VERRUCOSA (HUDSON) PAPENFUSS (RHODOPHYTA, GIGARTINALES)*

Mauricio A. Muñoz**, Héctor Romo** y Krisler Alveal**

RESUMEN

Se investigó el efecto de la salinidad sobre el crecimiento de tetrasporofitos juveniles de *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss y se compararon las respuestas de plantas colectadas en ambientes estuarino, submareal e intermareal (pozas de mareas y niveles expuestos a emersión). Las plantas toleraron un rango entre 5 y 55‰ de salinidad, aunque la sobrevivencia en 5 y 15‰ fue baja debido a la lisis de esporas. La tolerancia a las condiciones hiposmóticas aumentó al diluir el agua de mar con agua de río. Los embriones del intermareal crecieron óptimamente en 15, 25 y 35‰. Los embriones de pozas de mareas tuvieron un crecimiento máximo en 15 y 25‰. Las plantas submareales mostraron un crecimiento óptimo en 25‰ y los embriones estuarinos en 35‰ de salinidad. Los resultados evidencian que *Gracilaria verrucosa* posee la capacidad de adaptación a diferentes regímenes de salinidad.

ABSTRACT

The effect of salinity on growth of tetrasporelings of *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss was investigated under laboratory conditions. The sporelings were obtained in culture of carpospores from mature plant collected in the four following habitats: estuary, subtidal marine levels, intertidal levels and tidal pools.

The sporelings tolerated a range from 5 to 55‰ salinity, although some experiments of 5 and 15‰ salinity show low survival of plants due to lysis of carpospores. Dilution of seawater with water of river shows that tolerance at such salinities was increased. Sporelings developed from carpospores of intertidal plants had an optimal growth at 15, 25 and 35‰.

Sporelings from plants of tidal pools show maximal growth at 15 and 25‰, whilst those from subtidal and estuarine plants grew better at 25 and 35‰ salinity, respectively. The results suggest that *Gracilaria verrucosa* has capacity for adaptation to salinity variations.

KEY WORDS: *Gracilaria verrucosa*, salinity, growth, sporelings.

* Proyecto 2.08.91. Financiado por la Dirección de Investigación de la Universidad de Concepción.

** Departamento de Oceanología, Universidad de Concepción. Casilla 2407, Concepción, Chile.

INTRODUCCION

Gracilaria verrucosa es considerada una especie eurihalina (Causey et al., 1946) y ocupa ambientes marinos y estuarinos, tanto en niveles intermareales como submareales (Romo et al., 1979). Las plantas adultas toleran un rango de salinidad entre 5 y 55‰ y muestran una actividad máxima de crecimiento o fotosíntesis en salinidades de 15‰ (Huang, 1980 fide Chiang, 1981); 25‰ (Kim, 1970); 30‰ (Dawes et al., 1978 fide Dawes, 1981) o 25-35‰ (Causey et al., 1946).

Variaciones intraespecíficas de tolerancia a la salinidad han sido demostradas para *Gracilaria verrucosa* por Dawes et al., 1978 (fide Dawes, 1981), al comparar una población de un pantano salino (0-15‰ de salinidad) con otra existente en un manglar (15-30‰ de salinidad). Los autores observaron en la primera población actividad fotosintética baja en todas las salinidades experimentales

(0-50‰) y una gran resistencia al agua destilada. En cambio, *Gracilaria* del manglar mostró una tasa alta de fotosíntesis desde 10 a 40‰ de salinidad y murió al ser mantenida en agua destilada.

Kim (1970) menciona que al igual que la planta adulta, las esporas de *Gracilaria verrucosa* sobreviven dentro de un amplio rango de salinidad y que 25‰ de salinidad favorecería el desarrollo del embrión. Sin embargo, la magnitud del crecimiento puede estar relacionada con la salinidad en la cual se formaron las esporas (Sheath y Cole, 1978).

El objetivo de este trabajo es cuantificar el efecto de la salinidad sobre el crecimiento de tetrasporofitos juveniles de *Gracilaria verrucosa* y comparar las respuestas de esporas colectadas en ambientes con diferentes regímenes de salinidad.

MATERIALES Y METODOS

Plantas cistocárpicas se colectaron en mayo de 1982 en las siguientes localidades y ambientes: zona intermareal y pozas de mareas en Bahía Concepción (36°41'S; 73°02'W), niveles submareales en Bahía San Vicente (36°46'S; 73°08'W) y ambientes estuarinos en el estero Lengua (36°46'S; 73°10'W). La salinidad superficial en Bahía Concepción fluctúa de ca. 28 a 35‰ (Ahumada y Chuecas, 1979) y en niveles submareales en Bahía San Vicente fluctúa de ca. 30 a 35‰ (Della-rossa et al., 1980).

Las algas se mantuvieron 48 hrs. en un acuario con agua de mar circulante. Posteriormente, trozos de talos con cistocarpos maduros se limpiaron con agua de mar y agar-agar al 1%. Las carpósporas se obtuvieron mecánicamente en cápsulas con agua de mar filtrada. Mediante micropipetas se tomaron al azar grupos de 100-150 esporas y se depositaron en cubreobjetos de 18x18 mm. que se mantuvieron durante una noche en una cámara de asentamiento, según la técnica descrita por Edwards (1977). Al día siguiente, se escogieron aleatoriamente dos cubre-

objetos para cada tratamiento y se depositaron en cápsulas Petri pequeñas con 10 ml. de medio con las salinidades experimentales

Las salinidades de 5, 15 y 25 ‰ se obtuvieron diluyendo agua de mar filtrada (35‰) con agua desionizada (ad); otra serie semejante se obtuvo diluyendo con agua de río filtrada (ar), cuyo efecto se estudió en plantas estuarinas. Las salinidades de 45 y 55‰ se lograron concentrando agua de mar filtrada mediante evaporación a 50-55°C y luego diluyéndola con agua desionizada. La salinidad se midió con un salinómetro de inducción Beckman RS-7C.

Las algas se incubaron durante 7 días a $65 \pm 5 \mu\text{E}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ (tubos fluorescentes Philips y General Electric), $15 \pm 1^\circ\text{C}$ y un fotoperíodo de 12-12 hrs. La mayoría de los cultivos fueron unialgales y sólo en casos aislados existió contaminación por diatomeas. Sin embargo, éstas se presentaron en cantidades insignificantes, por lo que su influencia no fue considerada. Como variable de respuesta se eligió el

área del embrión, que se estimó mediante proyección con cámara clara sobre papel (con un aumento de 400 veces) y posterior pesaje en una balanza de precisión. El tamaño de muestra aleatoria varió de 15 a 34. Las áreas se transformaron a diámetros y estos valores se analizaron estadísticamente mediante análisis de varianza de un factor y pruebas de Tukey, a un nivel de 0.05. Previamente se usó una transformación logarítmica

(log) para homogenizar las varianzas (Prueba de Bartlett). Las tasas de crecimiento diario se calcularon según la fórmula:

$$TCD = 100 [\ln (N_t \cdot N_0^{-1}) t^{-1}]$$

donde TCD = Tasa de crecimiento diario como porcentaje de incremento por día, N_0 = diámetro inicial (μm) y N_t = diámetro final (μm) después de t días.

RESULTADOS Y DISCUSION

Después del período de incubación se observaron tetrasporofitos vivos en todos los tratamientos experimentales. Sin embargo, en la salinidad 5‰ (ad) la sobrevivencia fue inferior al 1% debido a la lisis de esporas que ocurrió en las primeras horas de cultivo. Un fenómeno seme-

jante sufrieron en 15‰ de salinidad las carpósporas de ejemplares submareales, hecho que impidió estimar crecimiento en estos experimentos.

Los diámetros promedio iniciales de las esporas de los 4 ambientes no difieren significativamente entre sí (Tabla I).

TABLA I. Resumen de los análisis de varianza para el efecto de la salinidad en tetrasporofitos juveniles y diámetro inicial de esporas.

| FUENTE DE VARIACION | gl | | VALORES F P | | |
|--------------------------|--------------|-------|-------------|----|-------|
| | tratamientos | error | | | |
| Intermareales | 4 | 123 | 10.45 | < | 0.005 |
| Pozas de mareas | 4 | 116 | 70.62 | < | 0.005 |
| Submareales | 2 | 57 | 43.40 | < | 0.005 |
| Estuarinas | 7 | 235 | 43.72 | < | 0.005 |
| Diámetro inicial esporas | 3 | 55 | 1.51 | NS | 0.010 |

Los juveniles originados de plantas intermareales mostraron un crecimiento máximo y estadísticamente semejante en los medios con 15, 25 y 35‰ de salini-

dad, y con respecto a los otros grupos de algas, la mayor tolerancia a la salinidad de 55‰. (Figs. 1 y 2; Tabla II).

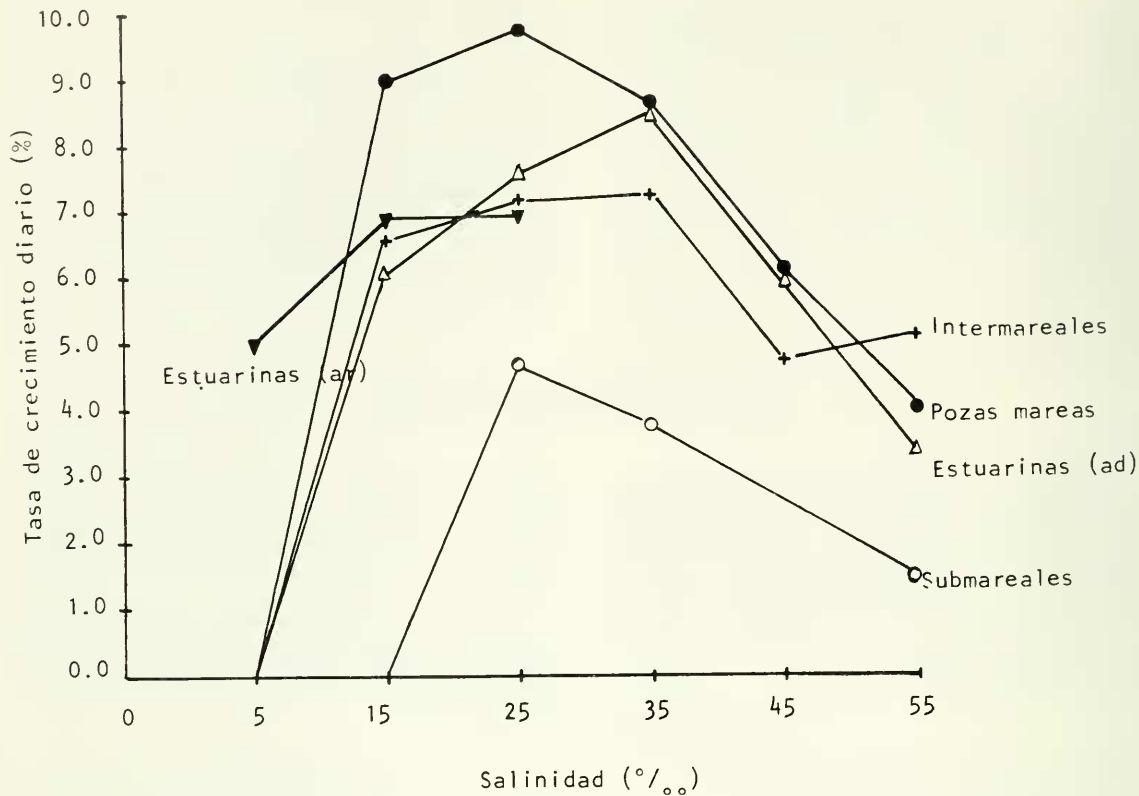


Fig. 1. *Gracilaria verrucosa*. Tasas de crecimiento diario de tetrasporofitos juveniles, después de 7 días de cultivo.

El crecimiento óptimo de los juveniles recolectados en pozas de mareas se produjo en las salinidades de 15 y 25‰. La tasa de crecimiento en 35‰ difiere significativamente del crecimiento medido en 25‰. Las tasas de crecimiento diario disminuyen rápidamente en las salinidades superiores (Fig. 1; Tabla II). Las pozas de mareas consideradas en este trabajo desaparecen con las pleamares diarias, lo que permite suponer que durante el año la salinidad fluctuaría de valores normales a bajos, principalmente.

Los juveniles originados de esporas de individuos submareales tuvieron el ma-

yor crecimiento en la salinidad de 25‰. En comparación con las otras poblaciones de plantas estudiadas, las esporas del ambiente submareal son más sensibles a la salinidad de 15‰, concentración en la que no sobrevivieron. Dellarosa (comunicación personal) ha medido las mayores tasas de fotosíntesis en talos adultos de *G. verrucosa* submareal de Bahía San Vicente en el rango 25-30‰ de salinidad, aspecto coincidente con los resultados de este experimento.

Aunque no fue posible demostrarlo estadísticamente, los embriones de *Gracilaria verrucosa* submareal aparentan te-



Fig. 2. *Gracilaria verrucosa*. Crecimiento de tetrasporofitos juveniles expresado como porcentaje de los crecimientos máximos (punteado, dilución con agua de río).

TABLA II. Resultados de las pruebas de Tukey aplicadas a los datos de crecimiento en función de la salinidad. (I) intermareal; (P) pozas de marea; (S) submareal; (E) estuario; (+) diferencia significativa ($p \leq 0.05$); (-) diferencia no significativa ($p \geq 0.05$).

| | SALINIDAD (‰) | | | | | | |
|-------|---------------|---------|---------|---------|-----|------|------|
| | 25 | 35 | 45 | 55 | 5'' | 15'' | 25'' |
| | I P S E | I P S E | I P S E | I P S E | E | E | E |
| 15 | - + + | - - + | ++ - | ++ + | + | - | + |
| 25 | | - +++ | ++ + | ++++ | + | - | - |
| 35 | | | ++ + | ++++ | + | + | + |
| 45 | | | | - + + | + | + | + |
| 55 | | | | | + | + | + |
| 5(*) | | | | | | + | + |
| 15(*) | | | | | | | - |

(*): dilución con agua de río.

ner tasas de crecimiento diario menores que los embriones intermareales, de pozas de mareas y de estuario. En estos 3 últimos grupos, las velocidades de crecimiento son más homogéneas entre sí (Fig. 1).

Las plantas del estuario Lengua presentaron un crecimiento máximo en 35‰ de salinidad. La tasa de crecimiento en 25‰ de salinidad fue levemente inferior. No se detectó diferencia significativa entre los niveles 25‰ (ad) y 25‰ (ar), ni tampoco entre 15‰ (ad) y 15‰ (ar). Se esperaba un mayor crecimiento en los medios con agua de río debido al aporte de nutrientes. Sin embargo, las especies del género *Gracilaria* parecen caracterizarse por niveles bajos de saturación de nutrientes (De Boer, 1979; Santelices y Fonck, 1979). En cambio se observó una notable densidad de embriones en el tratamiento 5‰ (ar) de salinidad y cuya causa es probablemente la acción de iones calcio, que según Gessner y Schramm (1971), reducen la permeabilidad celular y aumentan la tolerancia a condiciones hiposmóticas (Figs. 1 y 2; Tabla II).

Los resultados indican que el crecimiento de los tetrasporofitos juveniles de *Gracilaria verrucosa* es función de la salinidad y muy semejante a la respuesta de plantas adultas, con un rango de tolerancia de 5 a 55‰ de salinidad y crecimiento óptimo entre 15 y 35‰ de salinidad.

La respuesta de crecimiento de los embriones de *G. verrucosa* considerados en este trabajo posee características que pueden ser relacionadas con regimenes de salinidad del ambiente de origen, e.g., las algas intermareales tienen el rango más amplio de actividad óptima y la mayor tolerancia a la salinidad de 55‰ lo que se relaciona bien con un nivel intermareal donde la salinidad fluctúa constantemente debido a la evaporación y lluvias.

Las plantas colectadas en un ambiente submareal mostraron, a través de las esporas, menor tolerancia a las salinidades bajas. Estos resultados evidencian en *Gracilaria verrucosa* la capacidad de adaptación a diferentes regimenes de salinidad. Diferencias intraespecíficas de resistencia a la salinidad han sido repor-

tadas para *Menbranoptera alata* (Biebl. 1962 *vide* Santelices 1977), poblaciones sublitorales y estuarinas de *Eugomontia sacculata* (Wilkinson, 1974) y *Bostrychia radicans* y *Caloglossa lepricurii* (Yarish

et. al., 1979). Esta variabilidad debe quizás considerarse al usar respuestas ecofisiológicas en taxonomía de macroalgas

BIBLIOGRAFIA

- AHUMADA, R. y L. CHUECAS. 1979. Algunas características hidrográficas de la Bahía Concepción (36° 40'S, 73° 02'W) y áreas adyacentes, Chile. *Gayana, Miscelánea*, 8: 1-56.
- CAUSEY, N., J. PRYTHETCH, J. McCASKILL, H. HUMM and F. WOLF. 1946. Influence of environmental factors upon the growth of *Gracilaria confervoides*. *Bull. Duke Univ. Mar. Sta.*, 3: 19-24.
- CHIANG, Y. 1981. Cultivation of *Gracilaria* (Rhodophycophyta, Gigartinales) in Taiwan. *Proc. Int. Seaweed Symp.* 10: 569-574.
- DAWES, C. 1981. *Marine Botany*, John Wiley & Sons, New York. 628 pp.
- DE BOER, J. 1979. Effects of nitrogen enrichment on growth rate and phycolloid content in *Gracilaria foliifera* and *Neogardhiella baileyi* (Florideophyceae). *Proc. Seaweed. Int. Symp.*, 9: 263-271.
- DELLAROSSA, V., H. ROMO y K. ALVEAL. 1980. Avances en el conocimiento de *Gracilaria verrucosa* en el área de Concepción, Chile. *Bolm. Inst. Oceanogr.*, S. Paulo., 29(2): 149-155.
- EDWARDS, P. 1977. An investigation of the vertical distribution of selected benthic marine algae with a tide-simulating apparatus. *J. Phycol.*, 13: 62-68.
- GESSNER, F. and W. SCHRAMM. 1971. Salinity. *Plants*, pp. 705-820. En: O. Kinne (ed.) *Marine Ecology. A comprehensive, integrated treatise on life in oceans and coastal waters*. Vol. 1., part. 2. Wiley Interscience, 561 pp.
- KIM, D.H. 1970. Economically important seaweeds in Chile. I. *Gracilaria*. *Bot. Mar.*, 13: 140-162.
- ROMO, H., K. ALVEAL y V. DELLA-ROSSA. 1979. Biología de *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss en Chile Central. En *Actas I Symp. Algas Mar. Chilenas*. Ed. por B. Santelices. Subsecretaría de Pesca. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, pp. 155-163.
- SANTELICES, B. 1977. Ecología de algas marinas bentónicas -efecto de factores ambientales. Documento de la Dirección General de Investigaciones. Pontificia Universidad Católica de Chile. Vicerrectoría Académica, 488 pp.
- SANTELICES, B. y E. FONCK. 1979. Ecología y cultivo de *Gracilaria lemaneiformis*. En: *Actas I Symp. Algas Mar. Chilenas*, Ed. por B. Santelices. Subsecretaría de Pesca. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. pp. 165-200.
- SHEATH, R. G. and K. COLE. 1978. Salinity adaptations of a recent migrant into the Great Lakes. *Bangia atropurpurea* (Rhodophyta). *J. Phycol.*, 14 (Suppl.): 23.
- WILKINSON, M. 1974. Investigations of the autoecology of *Eugomontia sacculata* Korm, a shell-boring alga. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 16: 19-27.
- YARISH, C., P. EDWARDS and S. CAUSEY. 1979. A culture study of salinity responses in ecotypes of two estuarine red algae. *J. Phycol.*, 15: 341-346.

